

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Строительство и эксплуатация дорог»

И.И. Леонович  
Ж.В. Реут  
С.Н. Соболевская

# СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Методическое пособие  
к лабораторным работам для студентов специальности  
1–70 03 01 «Автомобильные дороги»

Минск  
БНТУ  
2011

УДК 625.7/.8-049.7(075.8)

ББК 39311я7

Л 47

Рецензенты:

зав. каф. проектирования дорог, доц., канд. техн. наук *Л.Р. Мытько*;  
старший преподаватель каф. «Мосты и тоннели» *В.А. Гречухин*

**Леонович И.И.**

Л 47      Содержание и ремонт автомобильных дорог: методическое пособие к лабораторным работам для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / И.И. Леонович, Ж.В. Реут, С.Н. Соболевская, – Минск: БНТУ, 2011. – 57 с.

ISBN 978-985-525-479-0.

В методическом пособии приведены методы определения некоторых эксплуатационных характеристик и назначения ремонтных мероприятий автомобильных дорог как с цементобетонным, так и асфальтобетонным покрытием. Детально рассмотрены основы проведения паспортизации автомобильных дорог и контроль горизонтальной разметки. Настоящее издание подготовлено с учетом рабочей программы.

УДК 625.7/.8-049.7(075.8)

ББК 39311я7

ISBN 978-985-525-479-0

© Леонович И.И., Реут Ж.В.,  
Соболевская С.Н., 2011  
© БНТУ, 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
<i>Лабораторная работа № 1</i> ОЦЕНКА ТВЕРДОСТИ ВЕРХНЕГО СЛОЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	5
<i>Лабораторная работа № 2</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО РАЗМЕРА ЩЕБНЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ.....	8
<i>Лабораторная работа № 3</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СЦЕПЛЕНИЯ ЩЕБНЯ С ВЯЖУЩИМ МАТЕРИАЛОМ .....	14
<i>Лабораторная работа № 4</i> НАЗНАЧЕНИЕ РЕМОНТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ С РАСЧЕТОМ МЕЖРЕМОНТНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ .....	18
<i>Лабораторная работа № 5</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНЫХ СЛОЕВ И СЛОЕВ УСИЛЕНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	26
<i>Лабораторная работа № 6</i> РЕГЕНЕРАЦИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД.....	32
<i>Лабораторная работа № 7</i> КОНТРОЛЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ .....	35
<i>Лабораторная работа № 8</i> ПАСПОРТИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .....	47
ЛИТЕРАТУРА .....	51
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	56

## ВВЕДЕНИЕ

Важной задачей для дорожных организаций является комплекс профилактических работ, проводимых в течение года на всем протяжении дорог, с целью поддержания транспортно-эксплуатационного состояния в соответствии с требованиями, установленными нормативными документами. Поэтому важно своевременно и правильно оценивать их состояние и на основе такой оценки принять необходимые меры для приведения этих показателей в соответствие с требованиями автомобильного движения.

Основными транспортно-эксплуатационными показателями автомобильных дорог являются обеспеченная скорость и пропускная способность, уровень загрузки дороги, непрерывность и безопасность движения. Они зависят от прочности дорожной одежды, ровности и сцепных качеств покрытий. Для определения этих показателей необходимы соответствующее оборудование, приборы, а также знание методики проведения испытаний.

Эта цель достигается при проведении лабораторных работ, предусмотренных учебным планом по специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» при подготовке инженерно-технических работников на факультете транспортных коммуникаций Белорусского национального технического университета по дисциплине «Содержание и ремонт автомобильных дорог». Всего предусмотрено 8 лабораторных работ.

Перед выполнением лабораторных работ студент обязан подробно изучить теоретический материал, представленный в учебных пособиях и действующие нормативные документы.

После выполнения лабораторных работ каждый студент составляет отчет, в котором кратко излагается методика определения соответствующего показателя, приводятся рисунки, схемы и полученные результаты, делается вывод о проделанной работе.

Лабораторные работы защищаются по мере их выполнения. После защиты всех работ, выполненных за семестр, студент получает допуск к сдаче экзамена.

## Лабораторная работа № 1

### ОЦЕНКА ТВЕРДОСТИ ВЕРХНЕГО СЛОЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

При определении требуемого размера щебня для устройства поверхностной обработки необходимо учитывать твердость верхнего слоя покрытия. Под твердостью дорожного покрытия понимают глубину погружения в материал покрытия конической насадки под определенной нагрузкой при температуре 50 °С. Показатель твердости оценивают твердомером (рис. 1.1).

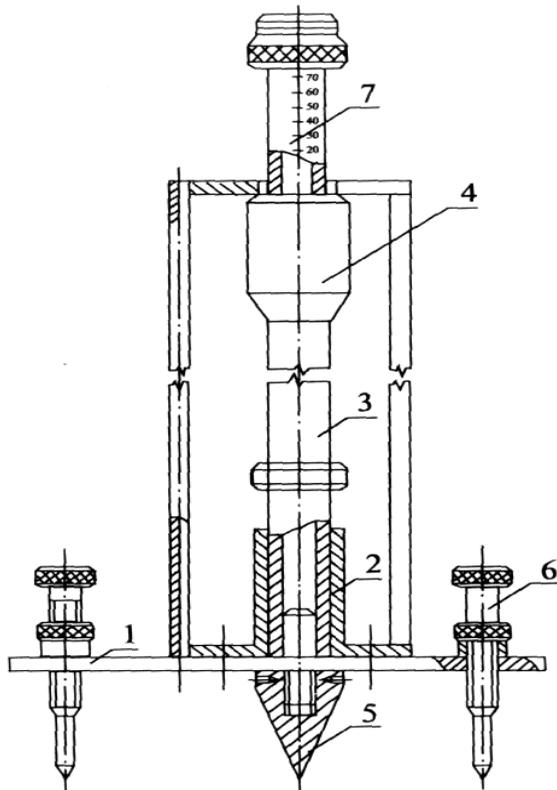


Рис. 1.1. Твердомер ИП-18

Твердомер состоит из треугольной станины 1, направляющей втулки с вертикальными стойками 2, штанги с ограничителем 3, груза 4, конической насадки 5, установочных винтов 6 и шкалы 7.

*Измерение твердости.* Твердомер устанавливают на покрытие так, чтобы вершина конической насадки оказалась между щебенками покрытия. Затем с помощью установочных винтов и уровня треугольную станину 1 устанавливают в горизонтальное положение. Перед началом испытаний снимают первоначальный отсчет  $h_0$  по шкале 7 с точностью до 0,5 мм. После 10-кратного сбрасывания груза 4 с массой 2,5 кг вдоль штанги 3 с высоты 300 мм снимают второй отсчет  $h_i$ . Глубину погружения конической насадки  $h$  в верхний слой покрытия определяют по формуле

$$h = h_i - h_0.$$

Глубина погружения конуса в покрытие выражается в миллиметрах, она характеризует твердость покрытия. Производится не менее 10 измерений с регистрацией средней температуры покрытия. Точки измерений назначают через равные расстояния (от 40 до 50 см), с чередованием полос наката. Показатель твердости рассчитывается как среднее арифметическое из 10 измерений:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n},$$

где  $n$  – количество измерений.

Одновременно с определением величины погружения конической насадки производят измерение температуры покрытия на глубине от 2 до 3 см от поверхности с помощью термометра или по формуле:

$$t_{\text{п}} = 1,3t_{\text{в}} + 7,$$

где  $t_{\text{п}}$  – температура покрытия, °С;

$t_{\text{в}}$  – температура воздуха, °С.

*Обработка результатов измерений.* По средней глубине погружения конической насадки и средней температуре покрытия в момент испытания определяют степень твердости покрытия по номограмме (рис. 1.2).

Глубину погружения конической насадки, полученную при фиксированной температуре покрытия в момент измерения, можно привести к ее значению при расчетной температуре, равной 50 °С для условий Беларуси (по рис. 1.2).

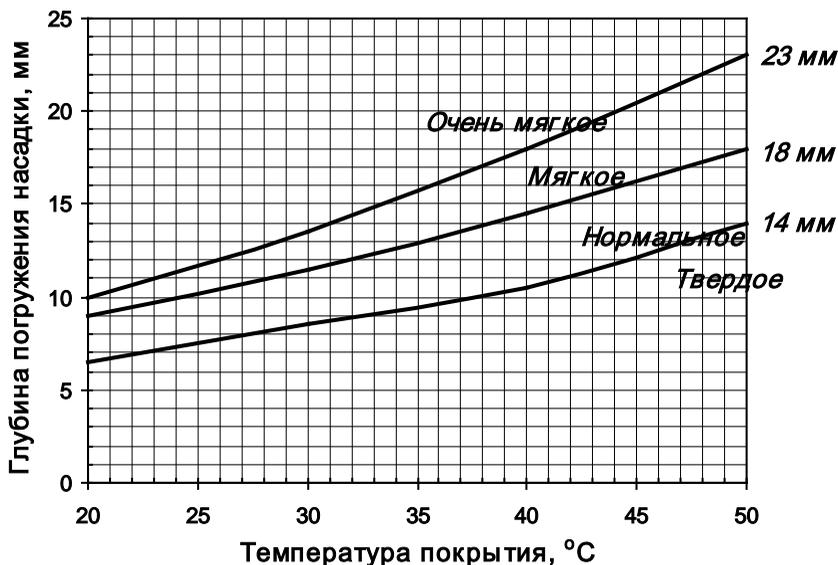


Рис. 1.2. Номограмма для определения степени твердости верхнего слоя асфальтобетонного покрытия

Результаты замеров твердости покрытия и расчетов заносятся в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Результаты замера твердости покрытия

Номер точки замера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Глубина погружения насадки, мм										
Средняя глубина погружения, мм										
Степень твердости покрытия										

*Задание к лабораторной работе.* Выполнить измерение степени твердости дорожного асфальтобетонного покрытия с помощью прибора твердомера ИП-18.

## Лабораторная работа № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО РАЗМЕРА ЩЕБНЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ

Для обеспечения требуемого значения коэффициента сцепления в течение срока службы поверхностной обработки должно быть соблюдено следующее условие:

$$H_{\phi} \geq H_{т},$$

где  $H_{\phi}$  – размер щебня, применяемого при устройстве поверхностной обработки, мм;

$H_{т}$  – размер щебня, определенный из условия его втапливания в верхний слой покрытия в течение срока службы.

Размер фракции щебня, применяемого для устройства поверхностной обработки, должен быть определен таким образом, чтобы в течение срока службы шероховатых слоев было обеспечено условие невозможности соприкосновения шин транспортных средств с поверхностью вяжущего. Это условие выполняется, если размер щебня, применяемый для устройства поверхностной обработки, будет превышать размер щебня, определяемый из условия его втапливания в верхний слой покрытия за период эксплуатации.

#### Порядок расчета

1. Для назначенного срока службы определяют среднегодовую суточную интенсивность движения транспортных средств в обоих направлениях:

$$N_{\text{ср}} = (N_1 + \dots + N_n)/n,$$

где  $N_1 \dots N_n$  – интенсивность движения транспортных средств в обоих направлениях в первый, второй, и т.д. годы службы поверхностной обработки, авт./сут;

$n$  – срок службы поверхностной обработки, лет;

$N_i$  – принимается по данным учета движения на момент устройства поверхностной обработки, авт./сут.

Интенсивность движения в последующие годы определяют по формуле

$$N_n = N_i(1 + q)^{n-1},$$

где  $q$  – ежегодный прирост интенсивности движения;

$n$  – год эксплуатации (*срок службы поверхностной обработки*).

2. Среднечасовая суточная интенсивность определяется по табл. 2.1 или по формуле

$$N_{\text{ч}} = 0,076N_{\text{ср}}.$$

Таблица 2.1

Суточная интенсивность движения

Интенсивность движения транспортных средств в обоих направлениях, авт./сут	до 1000	1000–3000	3000–6000	более 6000
Доля часовой интенсивности в объеме суточной, %	12	10	6	5,5
Среднечасовая интенсивность движения транспортных средств в обоих направлениях, авт./ч	120	100–300	180–360	330

3. Определяем расчетную приведенную интенсивность движения автомобилей группы А на полосу по формуле

$$N_p^A = f_{\text{пол}} \Sigma N_{\text{ч}} S_m^A,$$

где  $f_{\text{пол}}$  – коэффициент, учитывающий распределение движения по ширине проезжей части, зависит от числа полос движения;

$N_{\text{ч}}$  – количество транспортных средств данной марки в обоих направлениях, авт./ч;

$S_m^A$  – коэффициент приведения транспортных средств данной марки к расчетному автомобилю группы А, принимаемый по табл. 2.2.

4. Определяем интервал годового времени, в течение которого температура верхнего слоя покрытия обеспечивает условия втапливания щебня в асфальтобетон по табл. 2.3.

Таблица 2.2

Коэффициент приведения транспортных средств  
к расчетному автомобилю группы А

Группа	Вид и марка транспортного средства	Коэффициент приведения
Легковые	–	–
Легкие грузовые	Автомобили ГАЗ с прицепом и без него, тракторы «Беларус»	0,08
Тяжелые грузовые	МАЗ 5335	1,00
	ЗИЛ	0,30
	Урал	0,29
	КамАЗ 5410	0,27
	КамАЗ 5511	1,05
	МАЗ 504А	1,03
	КрАЗ 256Е1	3,48
	КрАЗ 25В	3,34
	КрАЗ 255В	0,83
	МАЗ 5168	2,46
Тяжелые грузовые с прицепом	Автопоезд 2 оси тягача, 3 оси прицепа	5,07
	Автопоезд 2 оси тягача, 2 оси прицепа	3,00
	Поезд 3 оси тягача, 3 оси прицепа	5,00
	Поезд 3 оси тягача, 2 оси прицепа	3,70
Автобусы	ЛАЗ	0,4
	ЛиАЗ	0,53
	Икарус	2,00

Таблица 2.3

## Интервал годового времени

Местонахождение дороги, область	Интервал годового времени, в течение которого происходит втапливание щебня в асфальтобетон, ч
Витебская	750–850
Могилевская	800–950
Минская	950–1150
Гродненская	1200–1350
Брестская	1300–1450
Гомельская	1400–1500

5. Определяем среднюю скорость движения транспортных средств. Сущность метода: на участке автомобильной дороги, где намечается устройство шероховатой поверхностной обработки, измеряют скорость движения транспортных средств. Составляют сводку наблюдений (табл. 2.4), и строят график накопления (или кумулятивную кривую) при 50-процентной обеспеченности (рис. 2.1).

Таблица 2.4

Сводка наблюдений

Диапазон скоростей	Частота, шт	Частота, %	Накопленная частота, %	Средняя скорость, км/ч
20–25	–	–	–	–
25,1–30	1	1,2	1,2	27,5
30,1–35	4	2,1	3,3	32,5
35,1–40	6	4,6	7,9	37,5
.....				
90,1– 95	10	8,1	90,8	92,5
95,1–100	12	9,2	100	97,5
	Σ (кол-во за ч)	Σ 100 %	–	–

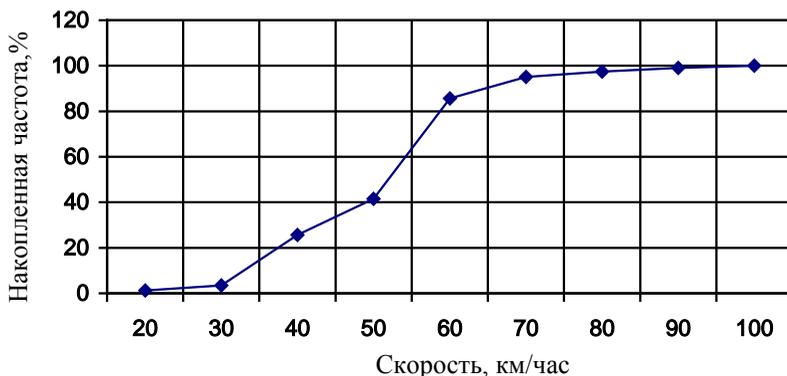


Рис. 2.1. Кумулятивная кривая скорости движения

6. По номограмме (рис. 2.2) определяем время, в течение которого шероховатый слой находится под воздействием колесной нагрузки расчетного автомобиля группы А.

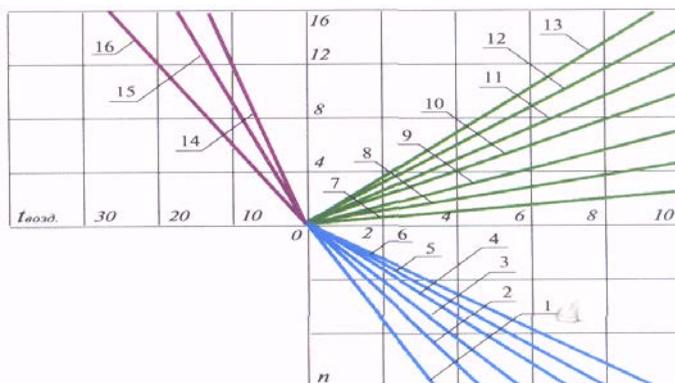


Рис. 2.2. Номограмма для определения времени воздействия транспортных средств на шероховатый слой в течение срока его службы: 1–6 – приведенный к расчетной температуре интервал годового времени, равный, соответственно, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 ч; 7–13 – интенсивность движения автомобилей группы А, равная, соответственно, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 км/ч; 14–16 – скорость движения, равная, соответственно, 80, 60, 40 км/ч

7. Твердость верхнего слоя покрытия принимаем из лабораторной работы № 1.

8. По номограмме (рис. 2.3) определяем глубину втапливания щебня  $h_{щ}^{50}$  для фракций 5–10, 10–15, 15–20, 20–25.

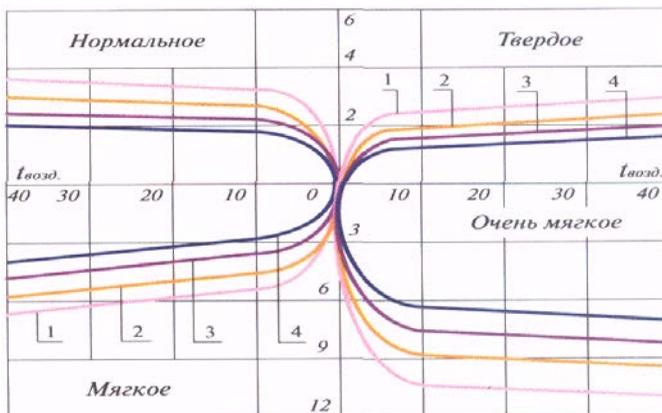


Рис. 2.3. Номограмма для определения глубины втапливания щебня при различной степени твердости верхнего слоя покрытия:

1 – щебень фракции от 5 до 10 мм; 2 – щебень фракции от 10 до 15 мм; 3 – щебень фракции от 15 до 20 мм; 4 – щебень фракции от 20 до 25 мм

9. Требуемый размер щебня находят по формуле (рис. 2.4)

$$H_T = h_{BT} + h_B + h_{Ш} + h_{Ш}^{50},$$

где  $h_{BT}$  – глубина втапливания щебня в верхний слой покрытия в момент устройства поверхностной обработки, мм;

$h_B$  – толщина слоя вяжущего на поверхности покрытия, мм;

$h_{Ш}$  – глубина внедрения щебня в резину протектора автошин, мм;

$h_{Ш}^{50}$  – глубина втапливания щебня в верхний слой покрытия в течение срока службы шероховатого слоя, мм.

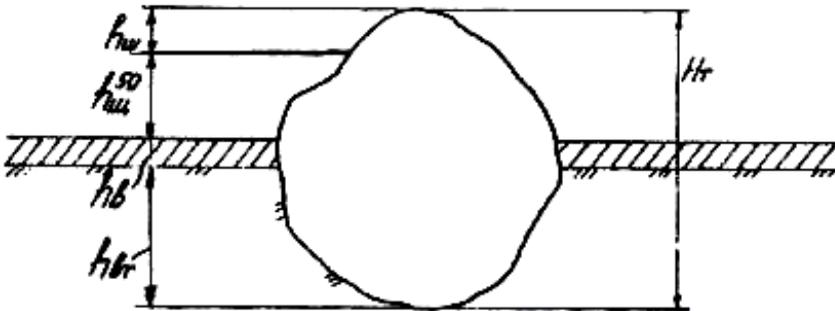


Рис. 2.4. Схема расчета размера щебня

10. Величина  $(h_{BT} + h_B + h_{Ш}) = \text{const}$  и определяется по табл. 2.5.

Таблица 2.5

Определение значения постоянной величины

Размер щебня, мм	Величина $(h_{BT} + h_B + h_{Ш})$
5–10	7,5
10–20	8,6
20–25	9,0

11. Значение величины размера щебня  $H_T$  считают для каждой фракции. Оптимальным является щебень, для которого это значение  $H_T$  совпадает с его фактическими размерами.

*Задание к лабораторной работе.* Рассчитать размер щебня для устройства поверхностной обработки по заданию прил. А.

## Лабораторная работа № 3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СЦЕПЛЕНИЯ ЩЕБНЯ С ВЯЖУЩИМ МАТЕРИАЛОМ

При устройстве шероховатых слоев по способу поверхностной обработки в качестве вяжущих применяют битумы нефтяные дорожные вязкие и модифицированные, с пластифицирующими добавками согласно ТКП 094. Эти вяжущие должны обеспечивать требуемое сцепление со щебнем, которое оценивается по условному показателю сцепления щебня с вяжущим материалом.

Определение условного показателя сцепления щебня с вяжущим заключается в количественной оценке удерживаемости щебня пленкой вяжущего на пластине прибора ПС-2 при динамическом воздействии.

При проведении испытаний используют следующую аппаратуру: прибор сцепления ПС-2 с шаровым ударником (шаровой ударник радиусом  $(26 \pm 0,1)$  мм, массой  $(600 \pm 1)$  г и высотой подъема  $(42 \pm 0,5)$  см; пластины стальные размером  $200 \times 200 \times 3$  мм с точностью 0,1 мм; термостат воздушный до  $200\text{ }^\circ\text{C}$ ; термостат водяной до  $100\text{ }^\circ\text{C}$ ; весы с точностью до 0,01 г; сетку № 07; стеклянную палочку.

Прибор ПС-2 (рис. 3.1) состоит из штатива 9 с плитой 8, которая снабжена тремя регулировочными винтами 7, позволяющими установить прибор по уровню. На плите имеются три опоры 6, образующие в плане равносторонний треугольник, а также ограничители 4 для фиксации испытуемой пластины 5. На штативе установлено центрирующее устройство 2 и фиксатор 3 так, что их вертикальная ось проходит через точку пересечения высот треугольника, образуемого опорами. Направляющие центрирующего устройства и фиксатора обеспечивают свободное перемещение стержня 1 с ударником 12.

Центрирующее устройство и фиксатор прочно крепятся на штативе с помощью винтовых зажимов 10 и держателей 11. При освобождении зажимов центрирующее устройство свободно перемещается по штативу в вертикальной плоскости, что позволяет установить ударник со стержнем на заданной высоте от поверхности испытательной пластины.

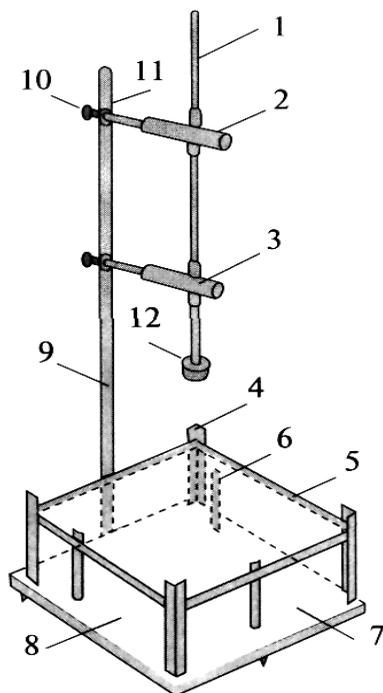


Рис. 3.1. Прибор ПС-2

Прибор ПС-2 устанавливают на лабораторном столе и с помощью регулировочных винтов приводят в горизонтальное положение. Ударник закрепляется на высоте  $(42 \pm 0,5)$  см от поверхности, установленной на опорах пластины.

*Изготовление образцов.* Щебень (фракции 5–10 мм или 10–15 мм) моют и сушат при температуре  $(100 \pm 5)$  °С в течение  $(2,0 \pm 0,5)$  ч. Высушенный щебень охлаждают при комнатной температуре не менее 1 ч. Перед проведением испытания щебень и пластины выдерживают в термощкафу при температуре  $(50 \pm 5)$  °С в течение не менее 10 мин.

Испытуемое вяжущее (битум нефтяной дорожный нагревают до температуры 140 °С, модифицированный битум — до температуры 150–160 °С для марок, БМП и 170–180 °С для марки БММ), процеживают через сетку № 07 для устранения случайных примесей. На пластинку наносят вяжущее: битума нефтяного дорожного, предва-

рительно обезвоженного, 11 г; или модифицированного вяжущего при применении щебня фракции 5–10 мм –  $(46 \pm 1)$  г, при применении щебня фракции 10–15 мм –  $(60 \pm 1)$  г. Выдерживают ее в воздушном термостате при температуре  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 10 мин в горизонтальном положении. Стеклой палочкой распределяют вяжущее тонким слоем по пластине и выдерживают в термостате еще 5 мин. Затем на пластину с вяжущим равномерно по всей поверхности раскладывают предварительно нагретые до  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  щебенки: 100 шт. фракции 5–10 мм или 50 шт. фракции 10–15 мм. Пластины с наклеенными щебенками помещают в сушильный шкаф на 10 мин при температуре  $(140 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ , а затем помещают в водяной термостат и выдерживают в течение 1 ч при температуре  $(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Проведение испытания.* Подготовленный образец устанавливают на ограничители щебенками вниз и наносят по нему удар шаровым ударником. Для нанесения удара стержень освобождается нажатием на кнопку фиксатора. В момент удара кнопка фиксатора отпускается, стержень ударника застопоривается, исключая повторные удары. По одному образцу производят три удара. Затем подсчитывается количество щебенки, отклеившихся от пластины. Таким образом, испытываются три образца.

*Определение показателя сцепления.* За величину сцепления вяжущего и щебня принимают отношение количества оставшихся после удара по пластине щебенки к общему количеству наклеенных на нее щебенки. Эта величина выражается условным коэффициентом, который определяется по формуле

$$K_c = (100 - A) / 100,$$

где  $A$  – количество отпавших щебенки.

Показатель сцепления  $P_c$  определяют как среднее арифметическое значение из величины сцепления  $K_c$  трех параллельных определений. Считается, что вяжущее выдержало испытание, если  $P_c \geq 0,85$  для битумов и  $P_c \geq 0,90$  для модифицированных вяжущих.

При неудовлетворительном сцеплении битума со щебнем при устройстве поверхностной обработки следует использовать добавки поверхностно активных веществ (ПАВ) катионного типа. Количе-

ство добавки ПАВ назначают в зависимости от требуемой вязкости битума и величины условного показателя сцепления.

*Задание к лабораторной работе.* Определить показатель сцепления щебня и вяжущего, предназначенного для устройства поверхностной обработки. Результаты занести в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Результаты определения показателя сцепления

Номер образца	Количество опавших щебенков $A$	Условный коэффициент ( $K_c$ )	Показатель сцепления $P_c$
1			
2			
3			

## Лабораторная работа № 4

### НАЗНАЧЕНИЕ РЕМОНТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ С РАСЧЕТОМ МЕЖРЕМОНТНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Расчетный межремонтный срок службы дорожной одежды – это период времени, на который выполняется расчет конструкций дорожных одежд, обеспечивающий их эксплуатацию с заданным уровнем надежности.

Уровень надежности – количественный показатель, определяемый отношением протяженности участков дороги с обеспеченными транспортно-эксплуатационными показателями к общей длине оцениваемого участка.

**Определение сроков службы дорожных конструкций.** Для определения сроков службы после проведения ремонта или установления остаточного межремонтного срока службы эксплуатируемого участка дороги до достижения предельных значений ровности рассчитывается допустимое количество приложений расчетных нагрузок гр. А по формуле

$$N_{\text{доп}} = \frac{E^{6,28} \ln \left( \frac{IRI_{\text{н}}}{IRI_{\text{ф}}} \right)}{8 \cdot 10^{11}}, \quad (4.1)$$

где  $N_{\text{доп}}$  – количество допустимых приложений расчетной нагрузки группы А, тыс. ед.;

$IRI_{\text{н}}$  – предельно допустимое значение ровности, принимается по табл. 4.1;

$IRI_{\text{ф}}$  – фактическое значение ровности;

$E$  – значение расчетного модуля упругости конструкции дорожной одежды на момент оценки, МПа.

Для эксплуатируемых дорожных одежд при значении  $IRI_{\text{ф}} > IRI_{\text{н}}$  принимают  $N_{\text{доп}}$  равным нулю, т.е. уровень надежности дорожной конструкции достиг предельного значения, следовательно требуется проведение ремонта.

Таблица 4.1

Предельно-допустимые значения  
международного индекса ровности

Категория дороги	Значение индекса ровности $IRI_{п}$ , м/км		
	для эксплуатируе- мых дорог	после текущего ремонта*	после капиталь- ного ремонта
I а, II б, III в	4,44	4,30	2,25
II	5,44	5,25	2,25
III	6,18	5,96	2,25
IV	6,64	6,40	3,0
V	7,81	7,53	3,6

*Примечание.* \*Значения ровности после проведения ремонта не должны превышать рассчитанные по формуле (4.2).

Срок службы рассчитывается по зависимости

$$T = \frac{\ln \left( 1 + \frac{N_{\text{доп}}(q-1)}{365N_1} \right)}{\ln q}, \quad (4.2)$$

где  $N_1$  – среднесуточная интенсивность движения расчетных автомобилей гр. А на одну полосу на момент оценки;

$q$  – коэффициент ежегодного роста интенсивности движения.

Ремонт не рекомендуется проводить на участках дорог, срок службы которых менее:

– 6 лет после капитального ремонта (кроме участков с колеиностью более 30 мм);

– после текущего ремонта: 3 года для тонких слоев, 2 года для защитных слоев, 1 год для поверхностной обработки.

Для выбора наиболее эффективного вида ремонта необходимо определить изменение международного индекса ровности  $IRI$  при эксплуатации автомобильных дорог, которое определяется по рис. 4.1 или по формуле

$$IRI_t = IRI_0 e^{\frac{1}{A} \sum_1^t N}, \quad (4.3)$$

где  $IRI_t$  – прогнозируемая ровность, м/км;

$IRI_o$  – ровность на момент оценки, м/км;

$\sum_1^t N$  – общее количество расчетных автомобилей гр. А на одну

полосу за прогнозируемый период  $t$  лет, тыс. ед.:

$$\sum_1^t N = N_1 \frac{365(q^t - 1)}{q - 1},$$

где  $q$  – коэффициент ежегодного роста интенсивности движения, при отсутствии данных рекомендуется принимать:

–1,02 при интенсивности движения до 1000 авт./сут;

–1,03 при интенсивности движения до 1001 до 3000 авт./сут;

–1,04 при интенсивности движения более 3000 авт./сут;

$N_1$  – интенсивность движения расчетных автомобилей гр. А на одну полосу в первый год;

$A$  – коэффициент, зависящий от модуля упругости конструкции дорожной одежды на момент оценки, определяемый по рис. 4.2 или по следующей формуле:

$$A = \frac{8 \cdot 10^{11}}{E^{6,28}},$$

где  $E$  – значение расчетного модуля упругости конструкции дорожной одежды на момент оценки, МПа.

**Назначение необходимых ремонтных мероприятий.** Фактический уровень надежности определяется и сравнивается с требуемой надежностью:

$$K_{пр\phi} = E_{\phi}/E_{тр},$$

где  $K_{пр}$  – коэффициент прочности, учитывающий заданный уровень надежности;

$E_{\phi}$  – фактический модуль упругости, МПа;

$E_{тр}$  – требуемый модуль упругости, МПа.

Требуемый уровень надежности составляет:

- 0,95 для дорог I–II категории;
- 0,90 для дорог III категории;
- 0,85 для дорог IV–V категории с усовершенствованными типами покрытий;
- 0,60 для дорожных одежд переходного и низшего типов.

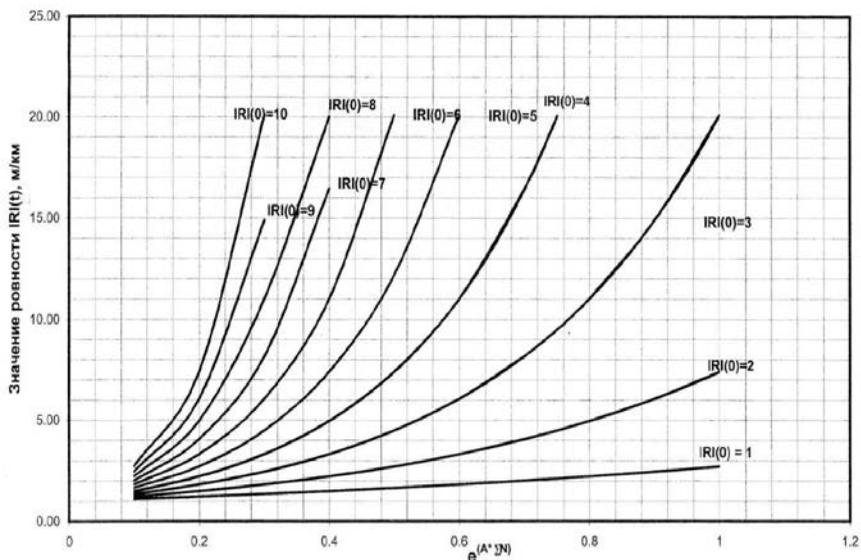


Рис. 4.1. График изменения ровности при эксплуатации дорог

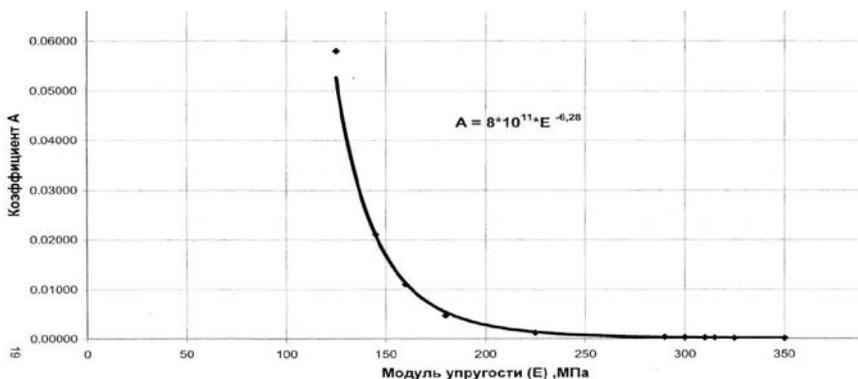


Рис. 4.2. График определения коэффициента  $A$

Если фактический коэффициент прочности меньше требуемой надежности, то рассматривают устройство слоев усиления с выравнивающим слоем. Рассчитывают изменение ровности после устройства слоев усиления различной толщины (начиная с 4 см) с выравнивающим слоем по рис. 4.3 или по следующей формуле:

$$IRI_{\text{ремонт}} = B \cdot IRI_0 + C, \quad (4.4)$$

где  $IRI_0$  – значение международного индекса ровности до выполнения ремонта, м/км;

$B$  и  $C$  – значения коэффициентов, определяемых по табл. 4.2.

Таблица 4.2

Значение коэффициентов

Ремонтные мероприятия	Значения коэффициентов	
	$B$	$C$
Поверхностная обработка	0,96	0,00
Тонкий слой толщиной 3,5 см	0,80	0,03
Поверхностное фрезерование глубиной до 2,0 см с устройством тонкого слоя покрытия толщиной 3,5 см	0,33	1,21
Фрезерование с устройством покрытия толщиной 4,0 см с выравнивающим слоем	0,15	1,53
Покрытие толщиной 4,0 см с выравнивающим слоем	0,31	1,26
Покрытие толщиной 5,0 см с выравнивающим слоем	0,25	1,35
Покрытие толщиной 6,0 см с выравнивающим слоем	0,20	1,44
Покрытие толщиной 7,0 см с выравнивающим слоем	0,15	4,53
Покрытие толщиной 8,0 см с выравнивающим слоем	0,10	1,62
Покрытие толщиной 9,0 см с выравнивающим слоем	0,05	1,71
Покрытие толщиной 10,0 см с выравнивающим слоем	0,00	1,80

Ремонтные мероприятия назначаются с таким условием, чтобы после его проведения, значение ровности, рассчитанное по формуле (4.4), не превышало значений, приведенных в табл. 4.1 для капитального ремонта.

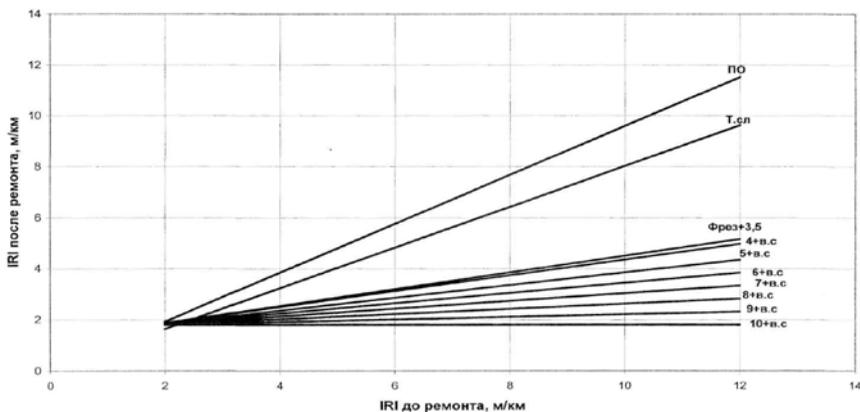


Рис. 4.3. График изменения ровности после выполнения ремонтов

**Назначение необходимых ремонтных мероприятий в период эксплуатации после проведения капитального ремонта.** Основными критериями для назначения вида ремонта являются предельно допустимые значения покрытия по международному индексу ровности в соответствии с табл. 4.1 для заданной категории дороги.

По формуле (4.1) рассчитывают допустимое количество приложений расчетных нагрузок гр. А, по формуле (4.2) – срок службы до предельного значения ровности покрытия, т.е. срок, когда потребуются проведение ремонтных мероприятий. Для улучшения потребительских свойств дороги может быть применен любой вид ремонта, обеспечивающий нормативное состояние покрытия по ровности.

Для предполагаемых ремонтных мероприятий рассчитывают изменение ровности после проведения ремонтов по формуле (4.4) или по рис. 4.3.

Ремонтные мероприятия назначаются с таким условием, чтобы после его проведения, значение ровности, рассчитанное по формуле (4.4), не превышало значений, приведенных в табл. 4.1, т.е. в качестве окончательного варианта ремонта принимаем тот вид работ, который обеспечит максимальный срок службы до достижения предельной ровности покрытия.

**Расчет межремонтных сроков службы и коэффициента надежности.** При долгосрочном планировании критерием разработки планов на сетевом уровне служит расчетный межремонтный

срок службы нежестких конструкций дорожных одежд, который определяется по рис. 4.4, 4.5 или по следующим формулам:

– для усовершенствованных типов

$$T = 1,4\ln(N) + 2,5;$$

– для переходных и низших типов

$$T = 1,2\ln(N) + 0,6,$$

где  $N$  – среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут.

Величина снижения уровня надежности при превышении расчетного межремонтного срока определяется по рис. 4.5 или по формуле

$$K_{н1} = \frac{0,0182T_1^{1,5}}{K_n},$$

где  $K_n$  – уровень надежности, на который была рассчитана дорожная одежда;

$T_1$  – количество лет, превышающих расчетный межремонтный срок службы дорожных одежд.

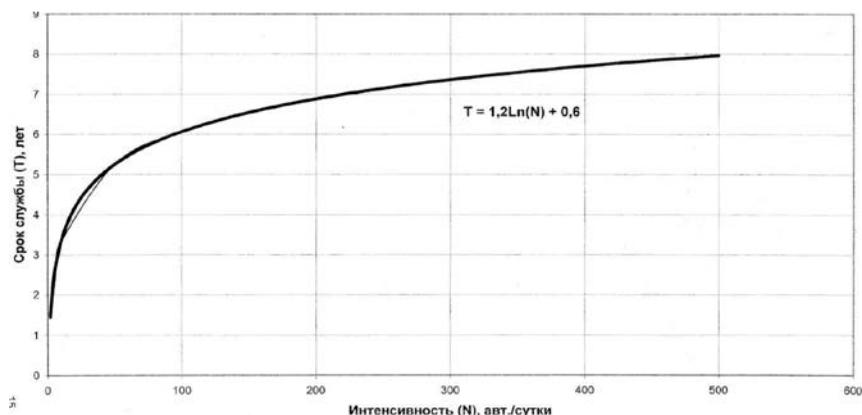


Рис. 4.4. График определения расчетных сроков службы между капитальными ремонтами усовершенствованных нежестких дорожных одежд

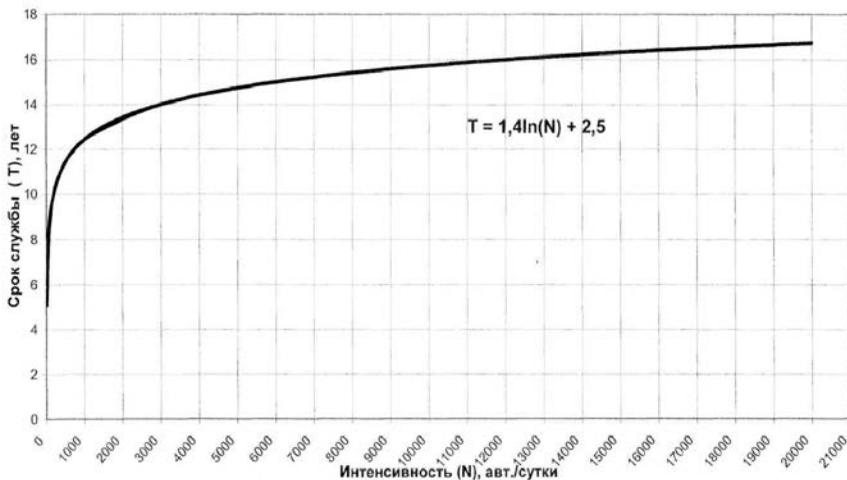


Рис. 4.5. График определения расчетных сроков службы между капитальными ремонтами дорожных одежд переходного типа

Расчетный межремонтный срок службы не может служить критерием проведения очередного капитального ремонта.

*Задание к лабораторной работе.* Определить сроки службы дорожных конструкций, назначить ремонтные мероприятия, рассчитать межремонтные сроки службы и коэффициент надежности по прил. Б.

## Лабораторная работа №5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНЫХ СЛОЕВ И СЛОЕВ УСИЛЕНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Защитные слои на цементобетонных покрытиях предназначены для повышения шероховатости покрытия и его водонепроницаемости, а также для предотвращения разрушения покрытия из цементобетона.

Защитные слои устраивают способом поверхностной обработки или с использованием асфальтобетонных смесей. Выбор вида защитного слоя зависит от состояния покрытия и результатов расчета:

– при толщине защитного слоя до 2 см – пропитка укрепляющим антикоррозионным составом или одиночная поверхностная обработка;

– при толщине защитного слоя до 3 см – одиночная поверхностная обработка;

– при толщине защитного слоя от 3 до 5 см – двойная поверхностная обработка или слой асфальтобетона;

– при толщине защитного слоя более 5 см – слои усиления из асфальтобетона.

**Определение толщины защитного слоя.** Толщину защитного слоя определяют по формуле

$$h_a = (H_{тр} - H_p) / \left( (E_a / (1 - m_p) E_b) \right)^{1/3}, \quad (5.1)$$

где  $H_{тр}$  – толщина цементобетонного покрытия, удовлетворяющая требованиям к прочности для перспективной интенсивности, см;

$H_p$  – расчетная толщина существующего асфальтобетонного покрытия, см:

$$H_p = H_\phi (1 - m_p) / K_n, \quad (5.2)$$

где  $K_n$  – требуемый уровень надежности, задаваемый при проектировании (0,98);

$E_a$  и  $E_b$  – модули упругости асфальтобетона и бетона, МПа, значения которых приведены в табл. соответственно 5.1 и 5.2;

$m_p$  – расчетный коэффициент разрушения, учитывающий остаточный ресурс существующего цементобетонного покрытия.

Расчет толщины защитного слоя выполняют в следующей последовательности.

1. Определяют фактический предельный коэффициент разрушения покрытия по наличию трещин:

$$m_p = 0,5\Phi(z),$$

где  $\Phi(z)$  – функция нормального распределения (нормированная функция Лапласа), определяемая в зависимости от величины параметра  $z$  по табл. 5.3.

Таблица 5.1

Расчетные значения модуля упругости для асфальтобетона

Материал	Марка битума	Расчетное значение модуля упругости асфальтобетона $E_a$ , МПа
Плотный асфальтобетон	БНД 60/90	3200
	БНД 90/130	2400
	БНД 130/200	1500
Пористый и выскокопористый асфальтобетон	БНД 60/90	2000
	БНД 90/130	1400
	БНД 130/200	1100

Таблица 5.2

Расчетные значения модуля упругости для цементобетона

Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	Средняя прочность бетона на растяжение при изгибе, МПа	Расчетный модуль упругости бетона $E_b$ , МПа	
		тяжелого (со щебнем)	мелкозернистого (песчаного)
$B_{TB}$ 4,4	5,5	36000	–
$B_{TB}$ 4,0	5,0	33000	26000
$B_{TB}$ 3,6	4,5	32000	25000
$B_{TB}$ 3,2	4,0	30000	23000
$B_{TB}$ 2,8	3,5	28000	22000

Таблица 5.3

## Нормированная функция Лапласа

$z$	$\Phi(z)$	$z$	$\Phi(z)$	$z$	$\Phi(z)$
0,0	0,0	1,7	0,91087	3,4	0,999326
0,1	0,07966	1,8	0,92814	3,5	0,999535
0,2	0,15852	1,9	0,94257	3,6	0,999682
0,3	0,23582	2,0	0,95450	3,7	0,999784
0,4	0,31084	2,1	0,96427	3,8	0,999855
0,5	0,38292	2,2	0,97219	3,9	0,9999038
0,6	0,45149	2,3	0,97855	4,0	0,9999367
0,7	0,51607	2,4	0,98360	4,1	0,9999587
0,8	0,57629	2,5	0,98758	4,2	0,9999733
0,9	0,63188	2,6	0,99068	4,3	0,9999829
1,0	0,68269	2,7	0,99307	4,4	0,9999892
1,1	0,72867	2,8	0,99489	4,5	0,99999320
1,2	0,76986	2,9	0,99627	4,6	0,99999578
1,3	0,80640	3,0	0,99730	4,7	0,99999740
1,4	0,83849	3,1	0,99806	4,8	0,99999841
1,5	0,86639	3,2	0,998626	4,9	0,999999042
1,6	0,89040	3,3	0,999033	5,0	0,999999427

Параметр  $z$  определяется по формуле

$$z = y_{\text{факт}} / S,$$

где  $S$  – стандартное отклонение удельной длины трещин в цементно-бетонном покрытии,  $\text{м}/\text{м}^2$ , равно  $0,05 \text{ м}/\text{м}^2$ ;

$y_{\text{факт}}$  – удельная длина всех видов трещин на рассматриваемом участке дороги,  $\text{м}/\text{м}^2$ , которая определяется по следующей формуле:

$$y_{\text{факт}} = L_{\text{тр}}/F,$$

где  $L_{\text{тр}}$  – фактическая длина всех видов трещин на рассматриваемом участке автомобильной дороги,  $\text{м}$ ;

$F$  – площадь покрытия на рассматриваемом участке дороги,  $\text{м}^2$ .

2. Определяют фактический предельный коэффициент разрушения покрытия по наличию выбоин, сколов кромок плит, выкрашивания и шелушения:

$$m_p = F_{\text{деф}} / F,$$

где  $F_{\text{деф}}$  – фактическая площадь дефектов (выбоин, сколов кромок плит, выкрашивания и шелушения) на рассматриваемом участке дороги, м<sup>2</sup>;

$F$  – площадь покрытия на рассматриваемом участке, м<sup>2</sup>.

В качестве расчетного значения коэффициента  $m_p$  принимаем максимальное из определенных значений  $m_p$ .

3. По формуле (5.2) определяем расчетную толщину существующего цементобетонного покрытия. По формуле (5.1) определяем толщину защитного слоя. На основании полученного значения  $h_a$  принимает вид защитного слоя.

**Определение толщины слоя усиления.** Толщину слоя усиления асфальтобетоном, имеющего разрушения в виде выкрашивания и шелушения с толщиной, меньшей первоначальной, определяют по следующей формуле:

$$h_a = (H_{\text{тр}} - H_{\text{ф}}) / (E_a / KE_б)^{1/3}, \quad (5.3)$$

где  $H_{\text{тр}}$  – толщина нового цементобетонного покрытия, удовлетворяющая требованиям к прочности для перспективной интенсивности, см;

$H_{\text{ф}}$  – фактическая толщина существующего цементобетонного покрытия, см;

$E_a$  и  $E_б$  – модули упругости асфальтобетона и бетона, МПа, значения которых приведены в табл. соответственно 5.1 и 5.2;

$K$  – коэффициент, учитывающий остаточный ресурс существующего цементобетонного покрытия (0,65).

Расчет толщины слоя усиления выполняют в следующей последовательности.

1. Определяем остаточную толщину существующего цементобетонного покрытия:

$$H_{\text{ф}} = H_{\text{тр}} - H_{\text{деф}},$$

где  $H_{\text{тр}}$  – толщина нового цементобетонного покрытия, удовлетворяющая требованиям к прочности для перспективной интенсивности движения, составляющая 24 см;

$H_{\text{деф}}$  – глубина дефектов покрытия, см.

2. Толщину слоя усиления определяем по формуле (5.3).

**Определение расчетного срока службы защитного слоя по условию образования отраженных трещин.** Процент отраженных трещин от швов и трещин старого цементобетонного покрытия в новое асфальтобетонное покрытие определяют по формуле

$$B = 100 / (1 + \exp(a + bt)), \quad (5.4)$$

где  $t$  – срок службы нового покрытия;

$a, b$  – параметры, определяемые в зависимости от состояния ремонтируемого цементобетонного покрытия, проектируемых мероприятий по ограничению отраженных трещин (наличия трещино-прерывающей прослойки и т.д.) и толщины защитного слоя или слоя усиления:

$$a = 3,5 + 0,75(0,394h - c), \quad (5.5)$$

$$b = -0,69 - 3,73(0,394h - c)^{-0,915}, \quad (5.6)$$

где  $c$  – параметр, определяемый по табл. 5.4;

$h$  – толщина слоя, см.

Определение расчетного срока службы защитного слоя по условию образования отраженных трещин выполняют в следующей последовательности.

1. Определяем коэффициент повреждения старого покрытия  $m_p$ .
2. По табл. 5.4 определяем параметр  $c$  (при  $m_{\text{доп}} = 0,05$ ).
3. По формулам (5.5) и (5.6) определяем параметры  $a$  и  $b$ .
4. По формуле (5.4) определяем зависимость количества отраженных трещин от срока службы защитного слоя (в процентах).

*Задание к лабораторной работе.* Рассчитать толщину защитного слоя, слоя усиления и расчетного срока службы защитного слоя по условию образования отраженных трещин на цементобетонном покрытии по заданию прил. В.

Таблица 5.4

Значение параметра  $c$ 

Защитный слой или слой усиления асфальтобетона		
Мероприятия по ограничению отраженных трещин	Коэффициент повреждения старого цементобетонного покрытия $m_p$	Параметр $c$
Без прослойки	$m_p \leq m_{\text{доп}}$	1
	$m_p \geq m_{\text{доп}}$	3
Геотекстиль	$m_p \leq m_{\text{доп}}$	0
	$m_p \geq m_{\text{доп}}$	1
ПБВ (мембрана)	$m_p \leq m_{\text{доп}}$	0
	$m_p \geq m_{\text{доп}}$	1
Слои из зернистых материалов	$m_p \leq m_{\text{доп}}$	0
	$m_p \geq m_{\text{доп}}$	1
Устройство организованных трещин в асфальтобетонном покрытии	$m_p \leq m_{\text{доп}}$	-5
	$m_p \geq m_{\text{доп}}$	-3
Полное разрушение бетона с помощью виброрезонансной технологии	$m_p \leq m_{\text{доп}}$	-10
	$m_p \geq m_{\text{доп}}$	-5

## Лабораторная работа № 6

### РЕГЕНЕРАЦИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Регенерация – восстановление первоначальных ценных свойств отработанных материалов различных производств. Этот ремонт предусматривает восстановление сплошности (монолитности) слоев и ровности проезжей части. Технология регенерации делится на два вида: холодную и горячую.

*Холодная технология регенерации* применяется для восстановления первоначальной прочности дорожной одежды или ее усиления. Технологию применяют на трещиноватых битумосвязных слоях дорожной конструкции, которые свидетельствуют о циклическом воздействии подвижной транспортной нагрузки и знакопеременных температурных влияниях.

Технология холодной регенерации предусматривает помимо усиления дорожной конструкции устранение искажений поперечного профиля и неудовлетворительной ровности покрытия. Для определения условий холодной регенерации в дорожной одежде выбуривают керны и находят величину заглупления фрезы и состав асфальтогранулята.

Толщина регенерированного слоя всегда больше, чем глубина регенерационного фрезерования:

$$h_{\text{в}} = [h_{\text{а}}(100 + Д)\gamma_{\text{а}}]/(100\gamma_{\text{в}}),$$

где  $h_{\text{а}}$  – глубина регенерационного фрезерования, см;

$Д$  – массовая доля добавок, %;

$\gamma_{\text{а}}$  и  $\gamma_{\text{в}}$  – средние плотности слоев старого покрытия и регенерированного слоя, г/см<sup>3</sup>.

Расчетная толщина регенерированного слоя принимается из расчета по проекту. Тогда глубину регенерированного фрезерования определяем по формуле

$$h_{\text{а}} = (100h_{\text{в}}\gamma_{\text{в}})/((100 + Д)\gamma_{\text{а}}).$$

Подбор состава улучшенного асфальтогранулята основывается на следующих факторах: корректировке гранулометрического со-

става минеральной части с целью получения оптимальной смеси, определении требуемого содержания вяжущего и установлении оптимального содержания воды. Корректировка зернового состава заключается в добавлении щебня до каркасообразующей концентрации (более 440 %), если в асфальтогрануляте его не хватает. Оптимальное содержание битума (массовая доля в 100 % смеси) определяется аналитическим методом, основанным на определении общего количества необходимого битума в зависимости от зернового состава минеральной части по эмпирической зависимости:

$$P_c = 0,035a + 0,045b + K_c + F,$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – массовые доли зерен, соответственно, крупнее 2,5 мм, мельче 2,5 мм и крупнее 0,071 мм, мельче 0,071 мм, %;

$K$  – коэффициент, зависящий от содержания зерен мельче 0,071 мм и принимаемый равным: 0,15 ( $c = 11–15$  %); 0,18 ( $c = 6–10$  %) и 0,20 ( $c$  меньше 5 %);

$F$  – фактор, связанный с адсорбционной способностью минерального материала по отношению к битуму (0,7–1,0 %).

Количество добавляемого битума определяем по формуле

$$P_r = P_c - P_a P_p,$$

где  $P_r$  – массовая доля добавляемого битума (в 100 % смеси), %;

$P_a$  – массовая доля битума, содержащегося в старом асфальтобетоне, %;

$P_p$  – содержание асфальтогранулята в укрепляемой смеси, в долях единицы.

При использовании эмульсии ее количество составит:

$$P_s = P_r / R,$$

где  $R$  – фактор, зависящий от содержания битума в эмульсии (принимают 0,60–0,70 соответственно концентрации эмульсии).

Содержание добавляемого вяжущего (битума или эмульсии) в укрепленной смеси

$$P_{d,m} = 100P_{r,s} / (100 - P_{r,s}).$$

Определенное расчетным методом количество добавляемого битума или эмульсии уточняют на основе результатов лабораторных испытаний. Оптимальное содержание дополнительно вводимого битума составляет 1–2 % (сверх 100 % по массе асфальтогранулята), битумной эмульсии – 2–4 %.

*Горячая регенерация* (терморегенерация) применяется для профилирования старого покрытия с устройством слоя износа или без него. Работы выполняются специализированными машинами – ремиксерами. За один рабочий ход материал старого покрытия нагревается, перерабатывается с добавлением или без добавления нового материала, распределяется и уплотняется. Т.к. работы выполняются на одной захватке, то определяют длину сменной захватки (скорость потока) из условия выполнения работ на половине проезжей части дороги, равной сменной производительности ремиксера:

$$L = \frac{\left( \frac{T_{\text{см}}}{H_{\text{вр}}} \right)}{b} \cdot 1000,$$

где  $T_{\text{см}}$  – продолжительной смены, ч;

$b$  – ширина полосы ремиксирования, м;

$H_{\text{вр}}$  – норма времени на ремиксирование 1000 м<sup>2</sup> асфальтобетонного покрытия, маш.-ч.

*Задание к лабораторной работе.* Определить глубину фрезерования слоя дорожной одежды и расчетное количество добавляемого вяжущего при холодной регенерации, длину захватки при горячей регенерации по прил. Г.

## Лабораторная работа №7

### КОНТРОЛЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ

Методика тестового контроля качества определяет порядок исследования горизонтальной дорожной разметки по СТБ 1231–200 (далее разметка) на автомобильных дорогах. На разметке измеряются следующие величины:  $R_{Lc}$  – удельный коэффициент силы света (далее коэффициент световозвращения) при сухом покрытии;  $R_{Lв}$  – коэффициент световозвращения при влажном покрытии;  $\beta$  – коэффициент яркости для желтого и оранжевого тона;  $\varphi$  – коэффициент сцепления колеса автомобиля с поверхностью разметки; И – степень дефектности разметки по площади, %.

**Методика измерения коэффициента световозвращения.** Коэффициент световозвращения  $R_L$  ( $\text{мкд}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{лк}^{-1}$ ) определяют по формуле

$$R_L = \frac{L}{E_1},$$

где  $L$  – яркость поверхности образца при освещении точечным источником света,  $\text{мкд}\cdot\text{м}^2$ ;

$E_1$  – освещенность измеряемой поверхности образца дорожной разметки в плоскости, перпендикулярной направлению падающего света, лк.

При измерениях положение луча освещения и луча измерения находится в плоскости, перпендикулярной поверхности образца, значение угла наблюдения  $\alpha$  (угол между точкой измерения и поверхностью дорожной разметки)  $2,29^\circ$  и угла освещения  $E$  (угол между лучом освещения и поверхностью дорожной разметки)  $1,24^\circ$ . Площадь поверхности измеряемой дорожной разметки должна быть не менее  $250 \text{ см}^2$ . Условия проведения измерения должны моделировать видимость разметки из легкового автомобиля с расстояния 30 м при уровне глаз водителя над поверхностью дороги 1,2 м и высоте расположения фар автомобиля 0,65 м.

Для измерения применяется портативный прибор ретрорефлектометр FRT-01. Покрытие увлажняют: на поверхность выливается 10 л

чистой воды с высоты около 0,5 м на одно место измерения. Воду разливают таким образом, чтобы измеряемая поверхность и область вокруг нее на некоторое время были полностью залиты водой. Коэффициент световозвращения разметки после поливки водой измеряют спустя одну минуту. Среднее значение коэффициента световозвращения на полосе движения определяется как среднеарифметическое значение в местах измерения и сравнивается с минимальным значением  $R_L$  световозвращения на тестируемом участке.

**Измерение коэффициента сцепления колеса автомобиля с поверхностью дорожной разметки.** Принцип работы основан на измерении энергии, затрачиваемой на трение резиновой накладки башмака о поверхность дорожного покрытия. Применяется портативный маятниковый прибор (рис. 7.1).

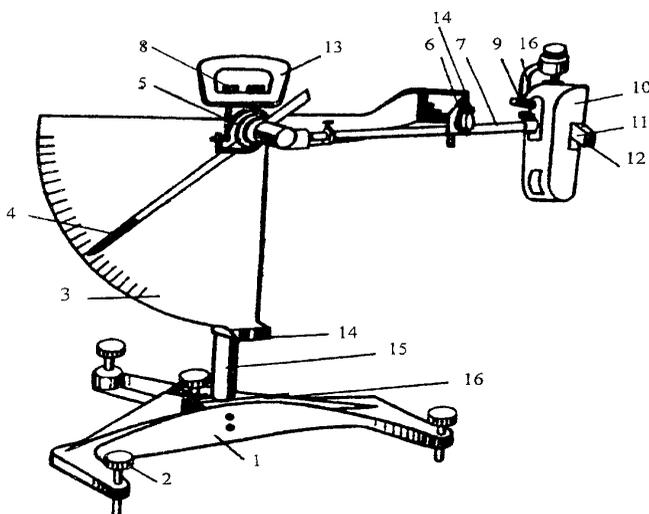


Рис. 7.1. Маятниковый прибор

Маятник состоит из опорной рамы 1 со стойкой 15, по которой перемещается ось маятника, состоящего из стержня 7, корпуса 10, башмака 11 с резиновой накладкой 12. Башмак соединен рукояткой 9, имеющей регулировочный винт 8. Удержание маятника в исходном положении и его сбрасывание осуществляется с помощью запорного механизма 6. Отсчет показаний прибора ведут по шкале 3 стрелкой 4. Легкость вращения стрелки вокруг оси регу-

лируется кольцами 5. Цепочка 14 удерживает маятник от раскачивания при переносе.

Регулировку положения прибора на дорожном покрытии осуществляют с помощью трех опорных винтов 2 и уровня 16, а высоту оси маятника – реечным механизмом с рукояткой 13 и зажимным винтом.

Если измерения проводятся при температуре воздуха, отличной от  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , то следует вводить поправку к показаниям прибора по табл. 7.1.

Таблица 7.1

Поправка по температуре воздуха к коэффициенту сцепления

Температура воздуха, $^\circ\text{C}$	0	5	10	15	20	25	25	30	40
Поправка к показаниям прибора	-7	-5	-3	-2	0	+1	+2	+3	+4

Перед каждым испытанием поверхность горизонтальной дорожной разметки по всей длине трения должна быть увлажнена водой в количестве не менее 0,1 л.

Измерения проводят по каждой полосе движения транспортных средств на разметке и рядом на проезжей части без разметки.

**Измерение степени износа разметки по площади.** Метод основан на подсчете относительного числа участков разметки с обнажением поверхности дорожного покрытия и использованием специального шаблона.

Для измерения применяется шаблон, представляющий собой металлическую пластину размером  $(400 \times 100 \times 1)$  мм, в которой равномерно по площади высверлено 50 отверстий диаметром  $(10,0 \pm 0,5)$  мм.

Перед определением степени износа по площади проводят визуальный осмотр участка, оценивают общий износ разметки с точностью  $\pm 10\%$  и выбирают характерные участки.

Шаблон через одинаковые расстояния (от 1 до 3 м) укладывают на линию разметки и пересчитывают все отверстия с отсутствием разметки более 50 %. Одно отверстие соответствует 2 % износа разметки. Повторность определения – не менее трех раз.

Процент степени износа разметки вычисляют с точностью до 1 % как среднее арифметическое полученных данных не менее, чем по трем участкам (линиям).

**Определение геометрических параметров дорожной разметки прибором типа ИДР-2.** Метод основан на определении бескон-

тактным способом толщины и ширины линии (геометрических параметров) горизонтальной дорожной разметки, а также средней глубины впадин дорожного покрытия (параметр шероховатости).

Измеритель ИДР-2 (рис. 7.2) производит бесконтактное измерение профиля поверхности дорожного покрытия с помощью излучающе-приемного лазерного преобразователя, в основу которого положен принцип оптической триангуляции.



Рис. 7.2. Измеритель дорожной разметки ИДР-2

Габаритные размеры измерителя  $645 \times 170 \times 150$  мм. Дисплей совместно с клавиатурой смонтированы в верхней части корпуса. На левой стороне корпуса расположены выключатель питания измерителя, световой индикатор включения измерителя в работу, гнездо штекерного разъема для подключения устройства зарядки аккумуляторной батареи и соединитель для подключения кабеля связи с персональным компьютером. Структурная схема измерителя приведена на рис. 7.3. Измеритель содержит микропроцессор 1, расширитель порта 2, драйвер сканирующего устройства 3, измерительный блок 4, сканирующее устройства 5, направляющую линейку 6, излучающе-приемный лазерный датчик 7, запоминающее устройства 8, жидкокристаллический дисплей 9, 10 – объект измерения.

Измерительный блок совместно с микропроцессором, запоминающим устройством и дисплеем обеспечивает приемку, обработку, накопление, систематизацию, отображение на экране дисплея и хранение результатов измерения.

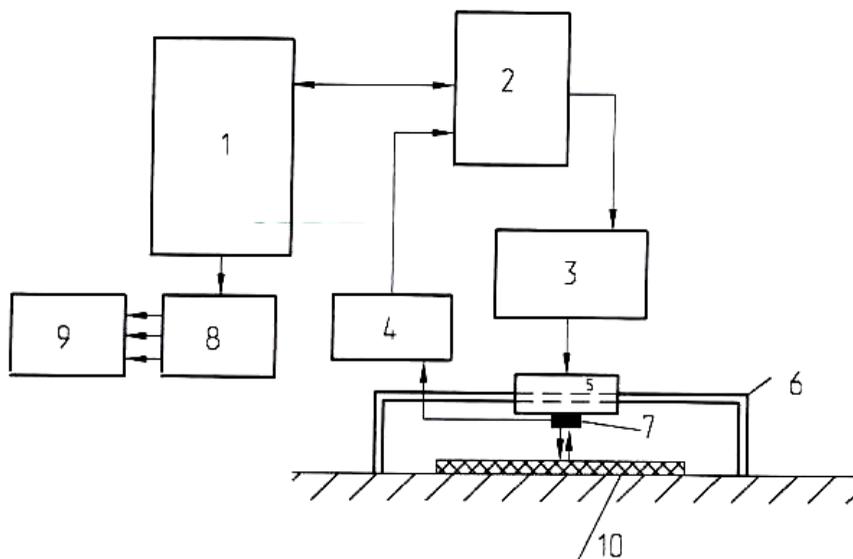


Рис. 7.3. Структурная схема измерителя:

- 1 – микропроцессор; 2 – расширитель порта; 3 – драйвер сканирующего устройства; 4 – измерительный блок; 5 – сканирующее устройство;  
 6 – направляющая линейка; 7 – излучающе-приемный датчик;  
 8 – запоминающее устройство; 9 – жидкокристаллический дисплей;  
 10 – объект измерения

Блок-схема, поясняющая принцип работы излучающе-приемного датчика приведена на рис. 7.4. Излучение полупроводникового лазера 1 фокусируется объективом 2 на объекте 6. Рассеянное на объекте излучение собирается объективом 3 на линейке CDD 4. Перемещение объекта 6 –  $6^*$  вызывает соответствующие перемещения изображения. Микропроцессор 5 рассчитывает расстояние до объекта по положению изображения светового пятна на измерительной линейке 4.

На передней панели корпуса датчика расположены два окна: одно – выходное, другое – для приема излучения, отраженного от контролируемого объекта. На одной из граней датчика установлен разъем для подключения питания и информационных линий связи.

Датчик содержит крепежные отверстия для установки в оборудование измерителя. Датчик устанавливается таким образом, чтобы контролируемый объект располагался в зоне рабочего диапазона.

В области прохождения падающего на объект и отраженного от него излучения не должно находиться посторонних предметов. При контроле объектов сложной формы и текстуры необходимо минимизировать попадание зеркальной составляющей отраженного излучения во входное окно датчика.

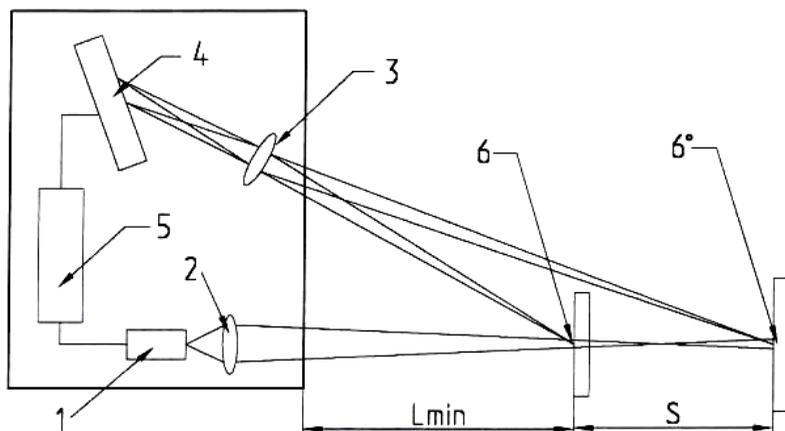


Рис. 7.4. Функциональная схема лазерного датчика:  
 1 – полупроводниковый лазер; 2 – фокусирующий объектив;  
 3 – собирающий объектив; 4 – линейка CDD; 5 – микропроцессор  
 обработки положения объекта; 6 – 6\* – положение объекта;  
 $L_{min}$  – рабочий диапазон;  $S$  – измерительный диапазон

Для обеспечения стабильности и повторяемости измерений конструкция измерителя выполнена на массивной стабилизирующей платформе с установленной на ней направляющей линейкой, по которой передвигается сканирующее устройство (каретка) посредством шагового двигателя. К каретке в вертикальной плоскости крепится устройство, позволяющее производить регулировку положения лазерного преобразователя (датчика) относительно сканируемой плоскости дорожного покрытия. Каретка приводится в движение зубчатым ремнем шагового электрического двигателя.

Для обеспечения устойчивости прибора ИДР-2 и достижения его четкой фиксации на поверхности автомобильной дороги могут применяться две альтернативные схемы установки измерителя: схема установки на прорезиненных прокладках, устанавливаемых

по контуру измерителя, и схема установки на трех опорах посредством регулировочных винтов.

*Порядок подготовки прибора к работе.* Для осуществления измерений следует подобрать ровный участок дороги, не содержащий негостируемых дополнительных выступов, впадин и неровностей. При необходимости поверхность дороги очищают щеткой от частиц песка, пыли и т.п. Прибор устанавливают и включают в работу, предварительно дав ему прогреться 2-3 мин.

*Последовательность работы прибора.* Прибор включают кнопкой на его левой стороне в положении «I», при этом загорается синяя лампочка, расположенная возле включателя. Происходит загрузка системы (2-3 с), после чего на дисплее высветится рабочая область программы с главным меню. Выбор режима по меню осуществляется при помощи клавиш «ВВЕРХ» и «ВНИЗ». Для задействования этих клавиш необходимо включить клавишу «SHIFT», при этом на первой строчке экрана добавляется надпись «SHIFT».

Все символы на кнопках панели, обозначенные красным цветом, работают в режиме верхнего регистра, а обозначенные черным цветом – в режиме нижнего регистра. Переход из одного регистра в другой осуществляется путем нажатия клавиши «SHIFT».

Затем в главном меню выбирается пункт «Сканировать 01 проходов» и нажимается кнопка «ENTER». Далее выбирается количество проходов датчика для сканирования по горизонтали. Максимальное количество проходов 99. Рекомендуемое количество проходов для большинства случаев от 1 до 6. Один проход рекомендуется для хорошо выраженной шероховатости от 1 мм и выше. Для малых шероховатостей  $\approx 0,3-0,6$  мм количество проходов следует увеличить до 2-4. Для шероховатостей меньше 0,1 мм количество проходов следует устанавливать более четырех.

Существуют два варианта набора:

- 1) клавишами «ВВЕРХ», «ВНИЗ» изменение происходит на единицу («SHIFT» включена);
- 2) цифрами от 0 до 9 («SHIFT» отключена).

После нажатия кнопки «ENTER» появляется следующее окно, где выбирается режим измерения «с полосой» и «без полосы». Режим измерения «с полосой» подразумевает наличие дорожной разметки на измеряемом участке дороги. Режим измерения «без полосы» измеряет только шероховатость выбранного участка.

Имеются режимы «грубо» или «точно». Режим «грубо» рекомендуется для средних и больших шероховатостей, режим «точно» – для шероховатостей меньше 1 мм. Этим достигается повышенная точность измерений.

Нажатием клавиши «ENTER» запускается режим измерения. Если измеренные результаты удовлетворяют требованиям, то они будут выведены на экран, если же нет, то будет выведено сообщение «Переустановите прибор!». Полученные результаты можно сохранить, переведя курсор в меню на «Сохранить», либо выйти не сохраняя результата, используя для этого пункт «Выйти в меню». Результаты измерений можно прочитать на дисплее, где высвечиваются:

а) в режиме измерения, «С полосой», параметры дорожной разметки: ширина разметки в миллиметрах, толщина разметки в миллиметрах, шероховатость, измеренная вне полосы в микрометрах;

б) в режиме измерения «Без полосы» высвечивается величина шероховатости в микрометрах.

Повторить измерения можно нажатием клавиши F1, что осуществляет повтор последней операции сканирования. Посмотреть сохраненные значения можно, выбрав пункт в главном меню «Открыть копию».

После окончания измерений измерительный прибор ИДР-2 для измерений шероховатости поверхности дороги и дорожной разметки необходимо выключить.

*Порядок проведения измерений.* Измерения проводятся при температуре воздуха от 10 °С до 30 °С. При измерении геометрических параметров прибор устанавливают поперек линии разметки, а при измерении шероховатости – на поверхность дорожного покрытия. Измерения производят не менее чем в трех точках, равномерно расположенных по ширине дорожного покрытия (на полосах наката между ними).

Измерения проводят в следующей последовательности:

– в главном меню программы выбирают строку «Сканировать 01 проходов» и задают количество проходов датчика для сканирования (не менее 3);

– выбирают режим измерения: «с полосой» или «без полосы»;

– запускают режим измерения.

*Обработка результатов.* При обработке результатов измерений параметров шероховатости используется следующий алгоритм.

Длина базовой линии принимается равной длине базы сканера прибора (400 мм).

Значение средней линии продольного профиля  $x_0$ , мм, вычисляется по формуле

$$x_0 = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n_1},$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – текущее измеренное значение высоты продольного профиля дорожного покрытия, мм;

$n$  – число измерений.

Параметр шероховатости дорожного покрытия измеряется в миллиметрах по формуле

$$h = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n}{n} = \frac{|x_1 - x_0| + |x_2 - x_0| + \dots + |x_n - x_0|}{n},$$

где  $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$  – абсолютные отклонения значений высоты продольного профиля, измеренных от средней линии.

Значения параметра шероховатости дорожного покрытия  $h$ , измеренного прибором ИДР-2, приводится к значению параметра шероховатости  $h_{cp}$ , измеренного методом «песчаного пятна», по следующей формуле:

$$h_{cp} = 0,07 + 0,65h.$$

При обработке результатов измерений геометрических параметров линии разметки используется следующий алгоритм.

Значение средней продольного профиля  $x_0$  в миллиметрах в зоне линии разметки вычисляется по формуле

$$x_0 = \frac{x_{01} + x_{02} + \dots + x_{0n}}{n_1},$$

где  $x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n}$  – текущее измеренное значение высоты продольного профиля в зоне линии разметки;

$n$  – число измерений.

Значение средней линии продольного профиля  $x_1$  в миллиметрах вне зоны линии разметки вычисляется по формуле

$$x_1 = \frac{x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n}}{n_1},$$

где  $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}$  – текущее измеренное значение высоты продольного профиля вне зоне линии разметки;

$n$  – число измерений.

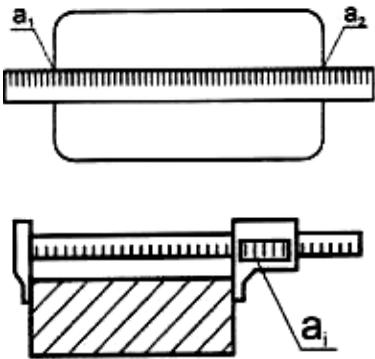
*Метод измерения геометрических параметров.* Сущность метода заключается в определении линейных и угловых размеров объектов измерения. Измерения проводят при температуре воздуха от 10 °С до 30 °С. Для измерений необходимы линейка металлическая, штангенциркуль, термометр с ценой деления 1 °С, рулетка металлическая. Объекты измерения должны быть чистыми и сухими.

*Порядок проведения испытания и обработки результатов.* Измерение каждого параметра выполняют не менее двух раз по схемам, приведенным в табл. 7.2.

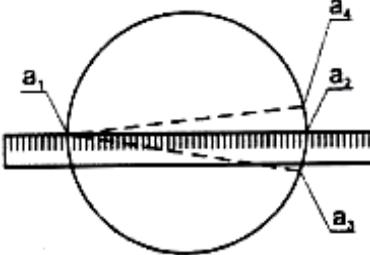
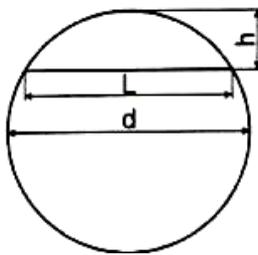
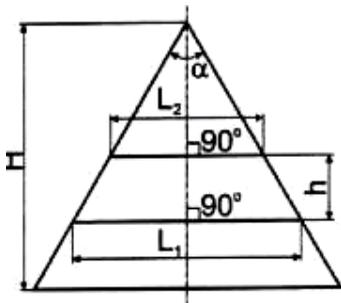
Обработку результатов выполняют по формулам, приведенным в табл. 7.2, и рассчитывают среднее арифметическое значение результатов двух измерений.

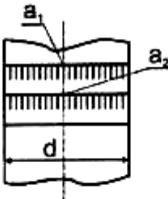
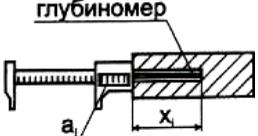
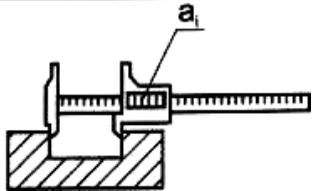
Таблица 7.2

Схемы определения геометрических параметров

Наименование измеряемого параметра, метод и средства измерения	Схема	Формула для вычисления измеряемого параметра
1	2	3
<p>1. Измерение длины, ширины, толщины:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– линейкой;</li> <li>– рулеткой с натяжением вручную</li> <li>– штангенциркулем</li> </ul>		<p><math>x = a_2 - a_1,</math></p> <p>где <math>x</math> – значение искомого размера, определяемого в результате измерения;</p> <p><math>a_2, a_1</math> – начальное и конечное значение отсчета по шкале средства измерения;</p> <p><math>a_i</math> – значение отсчета по шкале средства измерения</p>

Продолжение табл. 7.2

1	2	3
<p>2. Измерение диаметра методом покачивания: линейкой, рулеткой, штангенциркулем</p>		$x = a_2 - a_1,$ <p>где <math>a_1</math> – начальное значение отсчета по шкале средства измерения;  <math>a_2</math> – максимальное значение отсчета из возможных значений отсчетов (<math>a_2, a_3, a_4</math>)</p>
<p>3. Измерение диаметра методом измерения хорды и высоты сегмента</p>		$d = \frac{L^2}{4 \cdot h} + h,$ <p>где <math>d</math> – диаметр;  <math>L</math> – длина хорды,  <math>h</math> – высота сегмента (известна или измеряют при известном <math>L</math>)</p>
<p>4. Измерение углового размера линейкой, рулеткой, штангенциркулем</p>		$\alpha = 2 \cdot \arctg\left(\frac{0,5 \cdot (L_1 - L_2)}{h}\right),$ <p>где <math>\alpha</math> – угловой размер;  <math>L_1</math> и <math>L_2</math> – длина отрезков;  <math>h</math> – расстояние между отрезками <math>L_1</math> и <math>L_2</math> должно составлять от 0,2 <math>H</math> до 0,4 <math>H</math>);  <math>H</math> – высота измеряемого объекта</p>

1	2	3
5. Измерение внешнего диаметра методом обертывания рулеткой		$d = \frac{a_2 - a_1}{\pi},$ <p>где <math>a_2</math> и <math>a_1</math> – максимальное и начальное значение отсчета по шкале средства измерения; <math>\pi - 3,1415</math></p>
6. Измерение глубины, высоты штангенциркулем с глубиномером		$x_i = a_i$ <p><math>a_i</math> – значение отсчета по шкале средства измерения</p>
7. Измерение внутренних размеров штангенциркулем с губками с кромочными измерительными поверхностями для измерения внутренних размеров		<p><math>a_i</math> – значение отсчета по шкале средства измерения</p>
8. Измерение толщины металлических и неметаллических неорганических покрытий, нанесенных электрохимическим, химическим и горячим (оловянные и сплав олова) способами, а также покрытий, нанесенных вручную	<p style="text-align: center;">—</p>	<p>По ГОСТ 9.302</p>

*Задание к лабораторной работе.* Изучить методы контроля разметочного материала и определить характеристики образцов.

## Лабораторная работа № 8

### ПАСПОРТИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Паспортизация* – комплекс мероприятий, включающий технический учет и формирование паспорта автомобильной дороги.

*Технический учет* – выполнение работ по сбору информации о техническом уровне автомобильной дороги, с целью создания паспорта дороги.

*Паспорт автомобильной дороги* – технический документ, содержащий информацию о техническом уровне автомобильной дороги (участка дороги) и наличии сооружений на ней.

Паспорт дороги может быть электронным (информационная система, позволяющая вводить, хранить и визуализировать данные с формированием и выводом на печать информации по дороге) и на бумажном носителе.

Техническому учету и паспортизации подлежат все дороги общего пользования, независимо от принадлежности, состояния и вида покрытий.

Паспортизация может быть *первичной* и *полной*. Первичная паспортизация предусматривает сбор информации по основным элементам дороги, характеризующим ее технический уровень, а также данные, которые можно определить без специальных приборов и оборудования. Полная паспортизация выполняется с целью расширения информации, полученной при первичной паспортизации. Полная паспортизация может выполняться без проведения первичной. Сбор данных выполняется по следующим элементам:

- общие сведения о дороге;
- параметры плана и продольного профиля;
- пересечения и примыкания;
- земляное полотно;
- дорожная одежда;
- искусственные сооружения;
- обустройство и защитные сооружения;
- здания и сооружения дорожной и автотранспортной служб;
- инженерные коммуникации.

Работы по техническому учету и паспортизации делятся на подготовительные, полевые, камеральные и работы по формированию

электронного паспорта. При подготовительных работах составляется план, определяется объем, трудовые и транспортные затраты, сроки выполнения работ. При полевых выполняется сбор (уточнение) информации о характеристиках и параметрах автомобильной дороги. Камеральные работы предусматривают обработку полевых материалов. При формировании электронного паспорта полученная информация заносится в компьютерную базу данных.

*Полевые работы по техническому учету и паспортизации.* При выполнении работ ведутся пикетажный, угломерный и нивелирный журналы. При техническом учете фиксируют ситуацию по дороге, измеряют расстояние между километровыми знаками, продольные уклоны, углы поворотов, ширину земляного полотна и покрытия; отбирают пробы грунтов, определяют участки, совмещенные с другими дорогами, уточняют границы административно-территориальных районов, участки дорог, обслуживаемые эксплуатационными организациями, фиксируют местоположение пересечений и примыканий, пешеходных дорожек и тротуаров, вид укрепления обочин. Также определяют местоположение и характеристики искусственных сооружений и инженерных коммуникаций, обустройства и защитных сооружений, наличие зданий и сооружений автотранспортных служб.

Километраж автомобильных дорог общего пользования исчисляется между условными начальными и конечными пунктами. В г. Минске – это знак «Нулевой километр», находящийся на Октябрьской площади. В административных центрах областей, районов и других городах, где берут начало дороги общего пользования, специальный знак (марка) устанавливается в центре у здания Совета депутатов, исполнительных комитетов, железнодорожных вокзалов, предприятий связи. Форма знака устанавливается департаментом «Белавтодор». Место установки знака определяется предприятиями республиканских автомобильных дорог по согласованию с соответствующими местными исполнительными и распорядительными органами.

Измерения километража выполняются по оси проезжей части на дорогах II–IV категорий, по оси проезжей части прямого направления на дорогах I категории, имеющих общее земляное полотно, и по осям проезжих частей каждого направления, имеющих отдельное трассирование. Для измерений используют высокопроизводитель-

ные измерители пройденного пути, установленные на автомобилях. Эти приборы должны иметь погрешность измерения не более 0,1 %. Допускается вычислять расстояния, как вычисленные между точками с известными координатами.

Высоту насыпей и глубину выемок определяют с помощью нивелира или теодолита с фиксацией каждые 50 см изменения высоты насыпи или глубины выемки. Высота насыпи или глубина выемки считается от бровки земляного полотна.

Информацию по плану и профилю получают с помощью геодезических и навигационных приборов, также по сверке технической документации с дорогой. Отметки продольного профиля определяются не реже, чем через 20 м при применении автоматизированных систем и не менее 25 м при измерении геодезическими инструментами.

Пересечения и примыкания характеризуются следующими параметрами:

- радиус закругления;
- ширина покрытия и земляного полотна за пределами закругления;
- вид покрытия и укрепления обочин;
- параметры водопропускных сооружений;
- средний продольный уклон;
- направление и обеспеченность водоотвода с местности в точке примыкания.

Земляное полотно необходимо характеризовать видом грунтов. Для этого берутся пробы из расчета не менее 1 пробы на 1 километр. Также определяется ширина земляного полотна по бровкам, ширина обочин, укрепленных полос и вид укрепления.

По дорожной одежде выполняется сбор информации по послойной конструкции (отбирается не менее 2 кернов на 1 км дороги), определяют ширину усовершенствованного покрытия и обочин, протяженность участков по видам покрытия, продольный и поперечный уклон.

Обустройство и защитные сооружения. Приводится общая информация по дорожным знакам и ограждениям.

Снегозащита. Определяется местоположение, вид защиты, расстояние от оси дороги, количество рядов изгороди, высота живой изгороди. Для тротуаров и пешеходных дорожек – местоположение, ширина, расстояние от оси дороги, вид покрытия.

Освещение. Выявляются освещенные участки дороги, расстояние опор от оси дороги, вид покрытия.

Для мостов и путепроводов определяют:

- местоположение;
- год строительства, реконструкции или капитального ремонта;
- габарит ездового полотна по расстоянию между внутренними гранями ограждения;
- расчетную длину пролетов по расстоянию между осями опор пролетного строения;
- схему и полную длину сооружения;
- вид укрепления конусов;
- размеры всех конструктивных элементов сооружения;
- вид покрытия и расчетные и допускаемые нагрузки;
- высоту ограждения.

Для мостов также указывают наименование водотока, отверстие моста, подмостовой габарит, уровни высоких и меженных вод, наличие ледорезов, а для путепроводов – габарит проезда под ним.

В водопропускных трубах и скотопрогонах измеряют отверстия (диаметр или ширину), длину и уклон по лотку, размеры оголовков, вид и площади укреплений оголовков, вид фундамента, высоту насыпи у трубы, год строительства или капитального ремонта.

Сооружения дорожной и автотранспортной службы обмеряются, производится составление планов этажей, указывается обеспеченность инженерными коммуникациями. При обмерах стоянок, площадок отдыха, автобусных остановок определяют местоположение и обеспеченность инженерными устройствами, наличие павильонов капитального типа, их размеры.

По инженерным коммуникациям определяются их местоположение относительно дороги, вид коммуникаций, ведомственная принадлежность.

*Камеральные работы и формирование паспорта.* На этой стадии выполняется обработка материалов, полученных в результате полевого обследования. После обработки полевые данные сдаются в архив организации, проводящей полевые работы. Формирование паспорта заключается в составлении ведомостей и карточек, заполнении базы данных электронного паспорта дороги.

В результате камеральной обработки полевых материалов создаются ведомости технического учета, карточки и сводные ведомости сооружений на дороге, формирование линейного графика.

*Задание к лабораторной работе.* На основании данных, полученных при полевых работах, составить паспорт участка автомобильной дороги.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по назначению ремонтных мероприятий с учетом расчетных межремонтных сроков службы дорожных конструкций: ДМД 02191.5.002–2006.
2. Леонович, И.И. Содержание и ремонт автомобильных дорог: учебное пособие: в 2 ч. / И.И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2003. – Ч. 1.
3. Леонович, И.И. Содержание и ремонт автомобильных дорог: учебное пособие: в 2 ч. / И.И. Леонович. – Минск: БНТУ, 2003. – Ч. 2.
4. Бусел, А.В. Ремонт автомобильных дорог: учебное пособие / А.В. Бусел. – Минск: АртДизайн, 2004.
5. Автомобильные дороги. Правила устройства асфальтобетонных покрытий и защитных слоев: ТКП 094.
6. Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог. (Приказ департамента «Белавтодор» от 15.09.06 № 173): ДМД 02191.2.005.
7. Автомобильные дороги. Методы испытаний: СТБ 1566–2005.
8. Разметка дорожная. Общие технические условия: СТБ 1231–2000.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

#### Задание к лабораторной работе № 2

**ЗАДАНИЕ:** определить требуемый размер щебня для устройства поверхностной обработки, если:

- 1) фактическая суточная интенсивность движения в год устройства поверхностной обработки – \_\_\_\_\_ авт./сут.;
- 2) прирост интенсивности движения – \_\_\_\_\_ %;
- 3) местонахождение автомобильной дороги – \_\_\_\_\_ область;
- 4) расчетный срок службы – \_\_\_\_\_ лет;
- 5) степень твердости покрытия – см. лаб. раб. № 1;
- 6) состав потока по классификационной схеме ЕВРО-6:
  - мотоциклы – \_\_\_\_\_ %;
  - легковые автомобили и микроавтобусы – \_\_\_\_\_ %;
  - легковые автомобили с прицепом – \_\_\_\_\_ %;
  - грузовые автомобили – \_\_\_\_\_ %;
  - автопоезда – \_\_\_\_\_ %;
  - автобусы – \_\_\_\_\_ %.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Задание к лабораторной работе № 4

ЗАДАНИЕ 1. Рассчитать срок службы дорожной одежды до наступления предельного значения ровности покрытия, если:

а) на дороге \_\_\_\_ категории выполнен капитальный ремонт двух участков;

б) модуль упругости конструкции дорожной одежды составляет на первом участке \_\_\_\_\_ МПа, на втором участке \_\_\_\_\_ МПа;

в) значение международного индекса ровности IRI после капитального ремонта составляет на первом участке \_\_\_\_\_ м/км, на втором участке \_\_\_\_\_ м/км;

г) интенсивность движения расчетных автомобилей группы А на двух участках на одну полосу движения в первый год –  $N_1 =$  \_\_\_\_ ед./сут;

д) коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения – \_\_\_\_\_.

ЗАДАНИЕ 2. Назначить ремонтные мероприятия на дороге \_\_\_\_ категории, если значение ровности IRI составляет \_\_\_\_\_ м/км, фактический модуль упругости  $E_{\text{ф}} =$  \_\_\_\_\_ МПа, требуемый модуль упругости  $E_{\text{тп}} =$  \_\_\_\_\_ МПа.

ЗАДАНИЕ 3. Определить необходимые ремонтные мероприятия в период эксплуатации после проведения капитального ремонта, если на дороге \_\_\_\_ категории выполнен капитальный ремонт, модуль упругости конструкции дорожной одежды после капитального ремонта – \_\_\_\_\_ МПа, значение международного индекса ровности на участке протяженностью 1 км после капитального ремонта – \_\_\_\_\_ м/км. Интенсивность движения расчетных группы А автомобилей на двух участках на одну полосу движения в первый год –  $N_1 =$  \_\_\_\_\_ ед./сут; коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения – \_\_\_\_\_.

ЗАДАНИЕ 4. Определить расчетный межремонтный срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами и уровень надежности через 4 года после расчетного межремонтного срока

службы, если существующая среднегодовая среднесуточная интенсивность движения на участке дороги \_\_\_\_ категории с асфальтобетонным покрытием – \_\_\_\_\_ авт./сут. Дорожная одежда рассчитана на уровень надежности \_\_\_\_\_ .

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Задания к лабораторной работе № 5

ЗАДАНИЕ 1. Определить вид и толщину защитного слоя цементобетонного покрытия автомобильной дороги \_\_\_\_ категории, если на участке дороги длиной \_\_\_\_ км зафиксированы следующие дефекты:

- трещины – \_\_\_\_\_ м;
- выбоины – \_\_\_\_\_ м<sup>2</sup>;
- выкрашивание и шелушение – \_\_\_\_\_ м<sup>2</sup>.

Толщина существующего цементобетонного покрытия  $H_{\phi}$  составляет \_\_\_\_\_ см. Толщина цементобетонного покрытия, удовлетворяющая требованиям к прочности для перспективной интенсивности  $H_{\text{тр}}$  составляет \_\_\_\_\_ см. Модули упругости асфальтобетона  $E_a$  \_\_\_\_\_ МПа, цементобетона  $E_{\phi}$  \_\_\_\_\_ МПа.

ЗАДАНИЕ 2. Определить толщину слоя усиления асфальтобетона при ремонте цементобетонного покрытия автомобильной дороги \_\_\_\_\_ категории, имеющей дефекты цементобетонного покрытия в виде шелушения и выбоин глубиной до \_\_\_\_ см. Принимаем конструкцию в виде трещинопрерывающего слоя из черного щебня фракции 0–20 мм толщиной \_\_\_\_\_ мм и слоя асфальтобетона, толщину которого необходимо определить.

ЗАДАНИЕ 3. Определить срок службы защитного слоя из \_\_\_\_\_ толщиной \_\_\_\_\_ см по условию образования отраженных трещин.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Задание к лабораторной работе № 6

ЗАДАНИЕ 1. Определить глубину фрезерования слоя дорожной одежды, если расчетная толщина регенерированного слоя асфальтогранулобетона  $h_e$  составляет \_\_\_\_\_ см. В состав асфальтобетона добавляют \_\_\_\_\_ % цемента и \_\_\_\_\_ % эмульсии с содержанием битума 60 %. Плотность старого покрытия  $\gamma_a$  \_\_\_\_\_ г/см<sup>3</sup>, плотность регенерированного слоя  $\gamma_e$  \_\_\_\_\_ г/см<sup>3</sup>.

ЗАДАНИЕ 2. Определить количество добавляемой 60 % битумной эмульсии в смесь для получения асфальтогранулобетона при условии, что зерновой состав минеральной части следующий:

- частицы крупнее 2,5 мм – \_\_\_\_\_ %;
- частицы размером 2,5–0,071 мм – \_\_\_\_\_ %;
- частицы мельче 0,071 мм – \_\_\_\_\_ %.

Массовая доля битума в старом асфальтобетоне составляет \_\_\_\_\_ %, доля добавляемого измельченного асфальтобетона составляет \_\_\_\_\_ от массы асфальтогранулобетона, остальная часть представлена смесью гранитного щебня и отсева дробления с низкой адсорбционной способностью по отношению к битуму.

ЗАДАНИЕ 3. Определить длину захватки при термопрофилеровании при глубине рыхления \_\_\_\_\_ мм и температуре воздуха \_\_\_\_\_ °С с учетом нормы времени  $H_{вр}$  равной \_\_\_\_\_ маш.-ч. Ширина полосы ремиксирования – \_\_\_\_\_ м.

Учебное издание

ЛЕОНОВИЧ Иван Иосифович  
РЕУТ Жанна Владимировна  
СОБОЛЕВСКАЯ Светлана Николаевна

## СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Методическое пособие  
к лабораторным работам для студентов специальности  
1–70 03 01 «Автомобильные дороги»

Редактор И.Ю. Никитенко  
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

---

Подписано в печать 22.02.2011.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3,31. Уч.-изд. л. 2,59. Тираж 200. Заказ 968.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.